

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу

Хамед Мемарианфард

«Двухуровневый метод в механике толстостенных намоточных оболочек из армированных полимеров (при их создании и эксплуатации)»

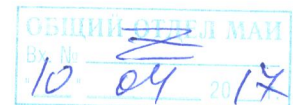
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04- «Механика деформируемого твердого тела».

На рассмотрение представлена диссертационная работа Хамед Мемарианфард на соискание ученой степени кандидата технических наук, общим объемом 157 страниц, включающая 114 рисунков и 3 таблицы, содержащая введение, четыре главы и список использованной литературы из 111 наименований работ отечественных и зарубежных авторов. Тщательное изучение диссертационной работы, автореферата и публикаций соискателя позволило сделать представленные ниже выводы.

**Актуальность темы диссертации.**

Современный уровень развития методов решения прикладных инженерных задач позволяет в большинстве случаев решать проблемы связанные с однородными материалами. Однако, когда речь идет о композиционных материалах, в том числе армированных полимерах, возникает ряд трудностей. Это касается и толстостенных намоточных цилиндров из армированных полимеров. В таких изделиях из-за сложности микроструктуры поля напряжений и деформаций не являются равномерными на уровне размера частиц наполнителя и градиенты напряжений в микроструктуре могут быть значительными.

Толстостенные композиционные цилиндры имеют широкие возможности применения в критических областях деятельности человека. Например, глубоководные аппараты, ракетные двигатели твердого топлива, стойка шасси посадочных модулей космических аппаратов, специальные контейнеры, включая супербаллонные для хранения и транспортировки газов.



Одной из важных проблем, возникающих при создании толстостенных намоточных цилиндров из армированных полимеров, является проблема технологической монолитности материала. В толстостенных цилиндрах в процессе отверждения или охлаждения возникают кольцевые трещины. Но расчеты остаточных напряжений в процессах отверждения и охлаждения намоточного цилиндра, когда он рассматривается, как анизотропная сплошная среда свидетельствуют о небольших величинах остаточных напряжений, что не дает ответа на поставленные вопросы.

Диссертация Хамед Мемарианфард посвящена исследованию температурных остаточных напряжений в зависимости от времени и температуры в толстостенном намоточном цилиндре из армированных полимеров на этапах формирования (на стадии отверждения и охлаждения) и эксплуатации на макро- и микроуровнях.

Таким образом, тема диссертационной работы является несомненно актуальной и важной.

#### **Научная новизна диссертации.**

Большинство работ по расчету остаточных напряжений в толстостенных намоточных оболочках были сосредоточены и ограничены анализом макронапряжений в анизотропной сплошной среде, Большинство этих работ, ограничивались анализом однонаправленного намоточного цилиндра и не могли объяснить некоторые экспериментальные результаты.

В настоящей работе впервые разработана аналитическая асимметричная модель для определения микронапряжений в однонаправленных намоточных цилиндрах, и разработан нелинейный численный многомасштабный (многоуровневый) алгоритм для прогноза остаточных макронапряжений и поля микронапряжений в интересующих исследовательских подозрительных зонах, с учетом неупругого поведения материала, в зависимости от времени и температуры.

#### **Методология и метод исследований.**

При подготовке диссертации были использованы аналитические методы и современные нелинейные многомасштабные численные методы на основе метода конечных элементов.

### **Практическая значимость работы.**

Результаты диссертационной работы могут использоваться для более точного прогноза напряженно-деформированного состояния анизотропных толстостенных намоточных цилиндрических оболочек из армированных полимеров в процессах отверждения, охлаждения и эксплуатации на макро- и микроуровнях. Результаты этого исследования также можно использовать для прогноза остаточных термических напряжений в микро- и макроуровнях в разнообразных конструкциях из композиционного материала. Развитие результатов данной работы позволит расширить классы изделий и материалов, для которых можно применять полученную методику.

### **Состав диссертационной работы**

диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, и списка литературы.

**Во введении** обосновывается актуальность темы исследования, степень исследованности проблемы, цель и задачи диссертации, ее научная новизна и описана практическая и теоритическая значимость работы.

**В первой главе** диссертационной работы представлен обзор научной литературы известных научных исследований по расчету остаточных напряжений и результатам экспериментальных данных. Изложен ряд проблем, возникающих при создании толстостенных намоточных оболочек. Разработана аналитическая асимметричная модель для определения микронапряжений в однонаправленных намоточных цилиндрах.

**Вторая глава** диссертации содержит методы исследования, формулировки расчетных схем, разработку физико-математических моделей и вычислительного многоуровневого алгоритма для решения задач о напряженно-деформированном состоянии макро- и микроструктуры толстостенных композитов из армированных полимеров в процессе изготовления изделия.

**В третьей главе** диссертационной работы автор рассматривает трехмерную задачу о напряженно-деформированном состоянии кокона – толстостенного цилиндра со сферическими заглушками из титана и рассчитывает остаточные температурные макро- и микронапряжения на

стадии отверждения и охлаждения и последующего действия механической нагрузки с использованием разработанного и описанного во второй главе вычислительного алгоритма.

**Четвертая глава** содержит выводы и обсуждение полученных результатов, в сопоставлении с результатами исследований других авторов. В конце работы представлен список литературы.

#### **Публикации и апробация работы.**

Основные положения диссертационной работы апробированы на научных конференциях и работы опубликованы в 7 работах, 3 из них опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК; и, 2 статьи опубликованы в зарубежном журнале, входящем в список, индексируемых в SCOPUS и ISI (Web of Science).

#### **Замечания:**

По представленной на отзыв диссертации имеется ряд замечаний, которые не снижают ее значимости и общей положительной оценки.

1. В автореферате и диссертации не достаточно четко отмечен личный вклад в работу, что затрудняет ее оценку.
2. К сожалению, в работе не представлен анализ сходимости расчета гомогенизации свойств материала в зависимости от размеров представительного объема.

**. Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.**

Представленная к защите диссертация на соискание ученой степени кандидата наук является законченной научно-квалификационной работой.

Содержание авторских публикаций и автореферата полностью отражает основные положения диссертации.

В целом, работу можно оценить положительно.

Диссертация отвечает всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Хамед Мемарианфард, заслуживает присуждения ему ученой

